Berechnung der Belastbarkeit von Starkstromkabeln

Autor(en): **Müller, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **62 (1971)**

Heft 9

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915819

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

[2] *W. Herzog:* Die unsymmetrische Differentialbrücke. Telegraphen-, Fernsprech-, Funk- und eFrnsehtechnik 33(1944)7/8, S. 149...151.
[3] *W. Herzog:* Siebschaltungen mit Schwingkristallen. 2. Auflage. Braunschweig, Vieweg-Verlag, 1962.
[4] *W. Herzog:* Ein Quarztiefpass mit komplexen Stellen unendlich hoher Dämpfung. Telegraphen-, Fernsprech-, Funk- und Fernsehtechnik 32(1943)9, S. 181...185.
[5] *Y. Watanabe:* Der piezoelektrische Resonator in Hochfrequenzschwingungskreisen. Elektr. Nachrichten-Technik 5(1928)2, S. 45...64.
[6] *W. Herzog:* Die Brücke als Filterelement. Bull. SEV 59(1968)12, Seite 517...524.
[7] *W. Herzog:* Zum Filteraufbau mit Zweigen aus Brücken. Bull. SEV 59(1968)24, S. 1109...1118.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. phil., Dr.-Ing. *W. Herzog,* Direktor des Instituts für Elektrotechnik der Universität Mainz, Joh.-Joachim-Becher-Weg 21, D-6500 Mainz.

Berechnung der Belastbarkeit von Starkstromkabeln

Die Publikation Nr. 287 der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) brachte im Jahre 1969 unter dem Titel: Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100 %) eine wertvolle Normung der Berechnungsmethoden zum Ermitteln der thermischen Belastbarkeit elektrischer Kabel. Die Unterlagen zu diesem Dokument stammen von Arbeiten einer Gruppe des CIGRE-Comité No. 2 (CIGRE-Rapport No. 233/1964)[1]. Es ist geplant, die Methoden auch für den Fall kurzzeitiger Belastung zu erweitern und insbesondere auch die Normung von Referenzwerten für Umgebungstemperatur, Bodentemperatur, Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens und zulässige Leitertemperaturen anzustreben.

Die Kalkulationsmethoden werden grundsätzlich von allen im Kabelgebiet tätigen Nationen gutgeheissen. Bezüglich der vorerwähnten Referenzwerte bestehen jedoch noch grosse Abweichungen.

Das Fachkollegium 20 des CES[2]) hat sich bei den zur Diskussion stehenden Referenzwerten für folgende Zahlen entschieden:

1. Maximale Leitertemperatur

a) Für Kabel mit Isolation aus imprägniertem Papier (einschliesslich Haftmasse), Polyvinylchlorid, Polyäthylen oder Elastomeren bis Nennspannung 6 kV (max. Betriebsspannung 7,2 kV): 60 °C, darüber: 50 °C.

b) Für Öldruck-, Gasaussen- und Gasinnendruckkabel (einschliesslich Rohrkabel): 80 °C.

2. Maximaltemperatur der Kabeloberfläche

An der Kontaktfläche mit Erdboden: 50 °C.

Diese Temperaturbegrenzung berücksichtigt die Tatsache, dass bei höheren Temperaturen ein Austrocknen und damit eine Wärmewiderstandserhöhung des Erdbodens in Kabelnähe auftritt.

3. Maximale Bleimanteltemperatur

Grenzwert: 65 °C.

Bei höheren Bleimanteltemperaturen kann eine Gefügeänderung des Bleis zu einer unzulässigen Erniedrigung der Festigkeit des Mantels führen.

4. Charakteristische Werte des Erdbodens

Wärmewiderstand (Normwert): $100 \frac{°C \cdot cm}{W}$

in felsigem oder sehr trockenem Boden: $150 \frac{°C}{W}$ cm

Erdbodentemperatur (Normwert): 25 °C

Tiefstwerte: — 10 °C in normalen Lagen
— 15 °C im Gebirge

5. Lufttemperatur

Normwert: 25 °C
Extremwerte: + 35 bzw. — 25 °C

6. Verlegetiefe der Kabel

Normwerte bis 60 kV Nennspannung
(max. Betriebsspannung 72,5 kV): 70 cm
für höhere Spannungen: 100 cm

In verschiedenen Regeln des SEV, z.B. 3037.1963: Regeln für Hochspannungskabel mit masseimprägnierter Papierisolation und Metallmantel bis 60 kV, 3062.1967: Regeln für Niederspannungsnetzkabel, sind Belastungstabellen enthalten. Die Zahlwerte entsprechen jenen, die in den VDE-Vorschriften 0255/1934 und 0255/1943 enthalten sind. Zwei wesentliche Änderungen der Betriebsbedingungen wurden jedoch vorgenommen. Die Umgebungstemperatur wurde auf 25 °C erhöht und die Gültigkeit auf eine sog. Industriebelastung (10 h täglich Maximalbelastung und restliche 14 Stunden 70 % der Maximalbelastung) beschränkt. In den VDE-Vorschriften ist seinerzeit Industriebelastung nirgends erwähnt worden, erst in letzten Arbeiten des VDE, z.B. VDE 0255/68 wurde der Begriff eingeführt.

Die heute in den schweizerischen Regeln enthaltenen Tabellen weisen leider einige prinzipielle Fehler auf.

a) Sie geben Werte an, die für Verlegung in Luft zu niedrig sind; dies immer vorausgesetzt, dass die Kabel gegen direkte Sonnenbestrahlung geschützt sind.

b) Der unterschiedlichen Wärmefähigkeit des Erdbodens wird nicht Rechnung getragen.

c) Die vorgesehenen Reduktionsfaktoren berücksichtigen die Anhäufung parallel verlaufender Kabel teilweise unrichtig.

d) Das Verhältnis zwischen Industriebelastung und Dauerlast ändert mit der Verlegungsart, und kann nicht generell durch einen konstanten Faktor erfasst werden.

e) Der Einfluss der Bewehrung und des Korrosionsschutzes ist besonders beim Niederspannungskabel nicht zu vernachlässigen.

Um die Schwierigkeiten bei Übernahme der CEI-Berechnungsmethoden zu umgehen, sind zwei Wege eingeschlagen worden. Bei der USA-Methode wurden für praktisch alle möglichen Varianten die genauen Rechnungen durchgeführt und in einem mehrere 100 Seiten fassenden Zahlenkatalog zusammengefasst. Die Arbeit mit Computer erlaubt ein solches Vorgehen mit vernünftigem Zeitaufwand. Doch scheint das Ergebnis nicht geeignet, einfache und rasche Beurteilung zu ermöglichen, insbesondere ist es schwer, verschiedene Einflussgrössen gegeneinander abzuwägen. Eine direkte Übernahme des amerikanischen Tabellenwertes scheidet wegen der unterschiedlichen Leiterquerschnitte, der abweichenden Konstruktionen und Referenzwerte aus.

Die kontinentale Praxis, bei der einfache Tabellen für gewisse grundlegende Ausführungen durchgerechnet und die besonderen Situationen durch Korrekturfaktoren erfasst werden, findet man in verschiedenen Varianten. Natürlich sind mehr Korrekturfaktoren zu berücksichtigen, als in unseren bestehenden Regeln, und die erreichbare Genauigkeit des Ergebnisses muss kleiner sein als bei Durchrechnung des Belastungsfalles nach CEI-287.

Solche Verfahren sind unter anderem in England und Frankreich zur Anwendung gelangt; in Deutschland hat der Arbeitskreis Belastbarkeit im VDE-Ausschuss 0250-1 eine grosse diesbezügliche Arbeit kürzlich zum Abschluss gebracht (0255/68 und 0271a/69).

Die Übernahme der CEI-Berechnungsmethoden wird zweifellos das FK 20 des CES veranlassen, die Tabellenwerte der zulässigen Belastungen und die verschiedenen Korrekturgrössen sorgfältig zu überprüfen und der Wirklichkeit besser anzupassen. Die Verwendung von Tabellen erleichtert die rasche Beurteilung von Erwärmungsfragen. In Grenzfällen kann allerdings auf die zeitraubende Rechnung nach den CEI-Richtlinien wohl nicht verzichtet werden.

Der Frage nach der aus Erwärmungsrücksichten zugelassenen Belastbarkeit von Starkstromkabeln wird nicht selten eine zu grosse Bedeutung zugewiesen. Bei der Wahl eines bestimmten Querschnittes und des Kabeltyps sind für eine Neuanlage Verlegekosten, Übertragungsverluste, Kurzschlussverhalten, Spannungsabfälle in das Kalkül einzubeziehen. Die Erwärmungsrechnung hat vor allem dann grosse Bedeutung, wenn abzuklären ist, welche Leistung durch eine bestehende Kabelanlage ohne Schädigung übertragen werden kann. Das Instrument zu dieser Beurteilung gibt die CEI-Publ. 287.

[1]) CIGRE = Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques.

[2]) CES = Comité Electrotechnique Suisse.

Adresse des Autors:
P. Müller, Dipl. Ing. ETH, 1249 Aire-la-Ville.